

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DEL DEPÓSITO DE
DESMONTE BOTADERO 100 DE LA MINA CERRO LINDO
AÑO 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Veliz Poma Gregorio Fidel

Asesor:

Mg. Ing. Gerson Vega Rivera

Lima - Perú

2019



TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	i
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
TABLA DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.2.2.1. Problema Específico 1.....	3
1.2.2.2. Problema Específico 2	3
1.2.2.3. Problema Específico 3	3
1.2.2.4. Problema Específico 4	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.3.2.1. Objetivo específico 1	3
1.3.2.2. Objetivo específico 2	3
1.3.2.3. Objetivo específico 3	3
1.3.2.4. Objetivo específico 4	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis general.....	4
1.4.2. Hipótesis específica	4
1.4.2.1. Hipótesis específica 1.....	4
1.4.2.2. Hipótesis específica 2.....	4
1.4.2.3. Hipótesis específica 3.....	4
1.4.2.4. Hipótesis específica 4.....	4
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	5
2.1. Tipo de investigación.....	5
2.2. Población y muestra	5
2.2.1. Población	5
2.2.2. Muestra.....	5
2.3. Procedimiento	5

2.3.1. Procedimiento para el objetivo específico 1	5
a. Actualización de la topografía del botadero 100.	5
b. Análisis de la base de datos Geotécnicos, Topográficos.	5
2.3.1.1. Marco teórico del objetivo específico 1	5
a. Topografía automatizada: Estación total	5
b. Desmonte en Minería	7
2.3.1.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 1	10
a. Actualización de la Topografía del Botadero 100	10
b. Interpretación de los Datos Geotécnicos y topográficos	13
2.3.2. Procedimiento para el objetivo específico 2	22
a. Caracterizar los materiales para el modelo geotécnico	22
b. Determinar las propiedades de resistencia de los materiales	22
2.3.2.1. Marco teórico del objetivo específico 2	23
a. Taludes	23
b. Taludes contruidos	23
c. Taludes naturales	23
2.3.2.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 2	28
a. Caracterización de los materiales	28
b. Determinar la resistencia de los materiales	34
2.3.3. Procedimiento para el objetivo específico 3	46
2.3.3.1. Marco teórico del objetivo específico 3	47
a. Software Civil 3D	47
b. Software Minesight	48
c. Topografía	49
d. Software de análisis de Estabilidad – Slide V.6	50
e. Resistencia al corte	51
f. Criterio de rotura de Mohr Coulomb	51
g. Método de análisis de estabilidad de taludes	53
h. Método de equilibrio límite	53
i. Factor de seguridad	53
j. Métodos para determinar el factor de seguridad	54
k. Métodos de la masa total	54
l. Métodos de las rebanadas	54
m. Métodos de Fellenius	56
n. Método de Bishop	56
o. Métodos análisis de esfuerzos	58
2.3.3.2. Desarrollo del procedimiento para el objetivo específico 3	61
a. Criterios de Evaluación	61
b. Sección de análisis:	61
c. Características de los análisis	61

d.	Aceleración de diseño.....	61
e.	Propiedad de los materiales.....	62
f.	Datos operacionales:	62
g.	Análisis de estabilidad	63
h.	Perfil topográfico actualizado	63
i.	Diseño de talud - software Minesight.....	64
j.	Análisis Estático - sección A-A'	64
k.	Análisis Pseudoestático - sección A-A'	65
l.	Análisis Estático - sección B-B'	66
m.	Análisis Pseudoestático - sección B-B'	67
n.	Datos de Diseño final	68
o.	Resultados de análisis	68
2.3.4.	Procedimiento para el objetivo específico 4.....	69
a.	Análisis de estabilidad (procedimiento objetivo 3)	69
b.	Estudio geológico.....	69
c.	Diseño plano de Instrumentación:.....	69
2.3.4.1	Marco teórico del objetivo específico 4.....	70
a.	Geología	70
b.	Geomorfología	70
c.	Litoestratigrafía	70
d.	Geoestructuras	72
e.	Hidrogeología.....	72
f.	Peligro geológico	73
g.	Hitos topográficos	74
h.	Piezómetro.....	75
i.	Inclinómetro	75
2.3.4.2	Desarrollo procedimiento 4	78
a.	Diseño plano de Instrumentación.....	81
b.	Instalación de hito	82
c.	Instalación de piezómetros	82
d.	Instalación de Inclinómetro	83
CAPÍTULO III: RESULTADOS		87
3.1.	Resultado del Objetivo específico 1	87
3.2.	Resultado del Objetivo específico 2.....	89
3.3.	Resultado del Objetivo específico 3.....	93
3.4.	Resultado del Objetivo específico 4.....	94
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSION		96
4.0	Discusión general	96
4.1.	Discusión 1:.....	96
4.2.	Discusión 2:.....	97

4.3. Discusión 3	97
4.4. Discusión 4	97
5.0 Conclusión general	98
5.1. Conclusión 1	98
5.2. Conclusión 2	98
5.3. Conclusión 3	99
5.4. Conclusión 4	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	99
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 2.1. Ubicación de Puntos BMs.....	10
Tabla n.º 2.2. Ubicación de hitos topográficos y piezómetros.....	13
Tabla n.º 2.3. Base de datos de monitoreo de hitos topográficos.....	14
Tabla n.º 2.4. Ubicación y profundidad del piezómetro.....	20
Tabla n.º 2.5. Base de datos monitoreo de piezómetro.....	20
Tabla n.º 2.6. Extracción de desmonte Mina – Superficie.....	27
Tabla n.º 2.7. Unidades geotécnicas.....	28
Tabla n.º 2.8. Propiedades físicas del desmonte de mina.....	31
Tabla n.º 2.9. Modelo geotécnico del desmonte mina.....	33
Tabla n.º 2.10. Aceleración horizontal máxima en el terreno (PGA) – Análisis probabilístico.....	33
Tabla n.º 2.11. Recomendaciones para el cálculo del coeficiente sísmico por distintos autores...	33
Tabla n.º 2.12. Ubicación de calicatas.....	35
Tabla n.º 2.13. Ensayos de densidad in situ.....	36
Tabla n.º 2.14. Líneas sísmicas.....	37
Tabla n.º 2.15. Relación de estaciones MASW ejecutadas en el año 2014.....	38
Tabla n.º 2.16. Clasificación del suelo en base a la velocidad de ondas de corte (Vs).....	39
Tabla n.º 2.17. Clasificación dinámica de la roca de fundación.....	39
Tabla n.º 2.18. Relación de sondeos diamantinos ejecutadas el año 2010.....	39
Tabla n.º 2.19. Parámetros índices de los materiales.....	41
Tabla n.º 2.20. Ensayos de granulometría global.....	43
Tabla n.º 2.21. Ensayos de Proctor modificado.....	44
Tabla n.º 2.22. Propiedades de resistencia.....	45
Tabla n.º 2.23. Valores de factores de seguridad mínimos admisibles.....	60
Tabla n.º 2.24. Modelo Geotécnico.....	60

Tabla n.° 2.25. Características del diseño final del depósito de desmonte botadero 100.....	67
Tabla n.° 2.26. Factores de seguridad del depósito de desmontes 100.....	68
Tabla n.° 2.27. Hitos de control topográfico.....	85
Tabla n.° 2.28. Inclínómetros y piezómetros.....	85
Tabla n.° 3.1. Inclínómetros y piezómetros.....	86
Tabla n.° 3.2. Numero de muestras de Calicatas (Tabla n. °2.11).....	88
Tabla n.° 3.3. Numero de Ensayos en campo (método reemplazo de agua) (Tabla n. °2.12).....	88
Tabla n.° 3.4. Numero de muestras analizados - Laboratorio (Tabla n. °2.18).....	89
Tabla n.° 3.4. Numero de ensayos de granulometría global (Tabla n. °2.19).....	90
Tabla n.° 3.5. Extracción de desmonte Mina – Superficie (Tabla n. °2.6).....	91
Tabla n. °3.6: Modelo geotécnico del desmonte mina.....	92
Tabla n. °3.6: Características del diseño final del depósito de desmonte botadero 100.....	92
Tabla 3.8: Factores de seguridad del depósito de desmontes 100.....	93
Tabla n.° 3.9. Hitos de control topográfico.....	94
Tabla n. °4.0. Inclínómetros y piezómetros.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1.1. Ubicación Compañía Minera Milpo S.A.A.....	1
Figura n.º 2.1. Estación Tocón GTS 225.....	5
Figura n.º 2.2. Esquema de clasificación de Botadero en Minería.....	7
Figura n.º 2.3. Depósito de desmontera botadero 100 mina Cerro Lindo.....	8
Figura n.º 2.4. Plano topográfico actualizado 2018.....	11
Figura n.º 2.5. Sección Longitudinal actual del Depósito de Desmontes 100.....	12
Figura n.º 2.6. Altura de banco y Angulo.....	23
Figura n.º 2.7. Ancho de berma.....	23
Figura n.º 2.8. Parámetro que define el talud de mina.....	24
Figura n.º 2.9. Construcción ascendente del depósito de desmonte.....	25
Figura n.º 2.10. Colapso de botaderos.....	25
Figura n.º 2.11. Botadero con material no compactado.....	26
Figura n.º 2.12. Botadero con inicio de inestabilidad.....	26
Figura n.º 2.13. Operación en los botaderos en mina.....	27
Figura n.º 2.14. Sección A de análisis geotécnico (condición ampliación).....	28
Figura n.º 2.15. Sección B de análisis geotécnico (condición ampliación).....	29
Figura n.º 2.16. Análisis granulométrico del desmonte de mina.....	30
Figura n.º 2.17. Variación del ángulo de fricción con la presión normal.....	31
Figura n.º 2.18. Curva $p'-q'$. Año 2018, ensayo TX CD, Mezcla de las muestras CD1/C10.....	32
Figura n.º 2.19. Curva $p'-q'$. Año 2018, ensayo TX CD, Mezcla de las muestras CD5/CD6/C7.....	32
Figura n.º 2.20. Esquema para determinar una evaluación de estabilidad de taludes.....	46
Figura n.º 2.21. Portada de inicio del software Autodesk Civil 3D.....	47
Figura n.º 2.22. Software minero y civil – Minesight 3D.....	48

Figura n.º 2.23. Topografía de curvas de nivel 3D – Vista isométrica.....	49
Figura n.º 2.24. Software de análisis de estabilidad de taludes – Slide V.6.....	50
Figura n.º 2.25. Envolvente de Mohr Coulomb.....	51
Figura n.º 2.26. Criterio de rotura en sueldos.....	51
Figura n.º 2.27. Fuerzas que actúan sobre superficie de rotura curva.....	53
Figura n.º 2.28. División de rebanadas para aplicar el equilibrio límite.....	54
Figura n.º 2.29. Fuerzas que actúan en una rebanada – Método de Fellenius.....	55
Figura n.º 2.30. Fuerzas actuantes en cada rebanada, Método de Bishop.....	56
Figura n.º 2.31. Valores de K recomendados para el análisis Pseudoestático.....	59
Figura n.º 2.32. Análisis pseudoestático de una falla curva.....	59
Figura n.º 2.33. Topografía actualizada (sección).....	62
Figura n.º 2.34. Diseño: Software Minesight.....	63
Figura n.º 2.35. Análisis estático falla Circular.....	63
Figura n.º 2.36. Análisis estático falla NO Circular.....	63
Figura n.º 2.37. Análisis pseudoestático falla Circular.....	63
Figura n.º 2.38. Análisis pseudoestático falla NO Circular.....	63
Figura n.º 2.39. Análisis estático falla Circular.....	65
Figura n.º 2.40. Análisis estático falla NO Circular.....	66
Figura n.º 2.41. Análisis pseudoestático falla Circular.....	66
Figura n.º 2.42. Análisis pseudoestático falla NO Circular.....	67
Figura N° 2.43. Cálculo de distancia horizontal.....	73
Figura n.º 2.23. Piezómetro de tipo Casagrande.....	74
Figura n.º 2.44. Monitoreo de deslizamientos utilizando inclinómetro y piezómetros.....	75
Figura n.º 2.25. Esquema de un inclinómetro.....	76
Figura n.º 2.45. Esquema del desplazamiento de un inclinómetro.....	76
Figura n.º 2.46. Plano Vista en planta Geología y Geotécnico.....	78

Figura n.º 2.47. Vista en Perfil Geología y Geotecnia (Botadero 100).....	79
Figura n.º 2.48. Plano de Instrumentación.....	80
Figura n.º 3.1. Hitos topográficos monitoreo anual (Ref.2.10.2).....	87
Figura n.º 3.2. Piezómetro monitoreo mensual (Ref.2.10.2.).....	87
Figura n.º 3.3. Numero de muestras de Calicatas.....	88
Figura n.º 3.4. Numero de Ensayos en campo (método reemplazo de agua.....	89
Figura n.º 3.5. Numero de muestras analizados - Laboratorio mecánica suelos.....	89
Figura n.º 3.6. Numero de ensayos de granulometría global.....	90
Figura n.º 3.6. Extracción de desmonte Mina – Superficie.....	91
Figura n.º 3.7. Diseño final del depósito de desmonte botadero 100.....	92
Figura n.º 3.8. Diseño de instrumentación, considerando el análisis de riesgo del botadero.....	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el diseño y análisis de estabilidad del botadero 100 como parte de la ampliación.

La conformación del depósito de desmonte en la etapa de ampliación se realizará por banquetas que consisten en apilamiento y compactación que tendrá una altura de 25 metros con un talud de vertido de 1H: 1.60V metros que asegura la estabilidad física del depósito.

Los taludes son de mayor importancia en este trabajo, dado que su configuración vertical y horizontal son factores, que nos ayudaron a determinar el diseño y análisis final para la estabilidad del botadero en investigación.

El análisis de estabilidad se efectuó utilizando modelos de equilibrio límite y el método de Spencer con la ayuda del programa Slide V.6 de la familia de Rocscience.

Milpo es una empresa dedicada a la actividad minera, que a la fecha se encuentra operando la unidad de producción Cerro Lindo, obteniendo concentrados de zinc, plomo y cobre.

Cerro Lindo inició sus operaciones en junio del 2007 con una producción de 5000 tpd. Actualmente la producción de la planta concentradora es de 21,100 tpd.

A finales del año 2013 y comienzos del 2014, SVS realiza el diseño del depósito de desmontes botadero 100 a través de "Estudio de ingeniería básica y de detalle del Botadero 100"

En función a un plan anual de producción de desmontes, Milpo requiere de una desmontera que pueda cubrir un almacenamiento adicional mínimo 500,000 metros cúbicos de desmonte.

ABSTRACT

The objective of this research work is to design and analyze the stability of the dump 100 as part of the expansion.

The formation of the debris deposit in the expansion stage will be made by sidewalks consisting of stacking and compaction that will have a height of 25 meters with a slope of 1H discharge: 1.60V meters that ensures the physical stability of the deposit.

The slopes are of greater importance in this work, given that their vertical and horizontal configuration are factors that helped us determine the design and final analysis for the stability of the dump under investigation.

The stability analysis was carried out using limit equilibrium models and the Spencer method with the help of the Slide V.6 program of the Rocscience family.

Milpo is a company dedicated to the mining activity, which to date is operating the Cerro Lindo production unit, obtaining zinc, lead and copper concentrates.

Cerro Lindo started operations in June 2007 with a production of 5000 tpd. Currently the production of the concentrator plant is 21,100 tpd.

At the end of 2013 and beginning of 2014, SVS carries out the design of the waste dump 100 through "Basic and Detail Engineering Study of the 100 Dump"

According to an annual plan for the production of clearings, Milpo requires a dismantler that can cover an additional minimum storage of 500,000 cubic meters of waste.

Key words: Evaluation, expansion and deforestation deposit

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Autodesk – Civil 3D (2019)
2. Evans y Call (1 992) Metodología de planificación minera. Recuperado de:
<https://www.monografias.com/trabajos-pdf/planificacion-minera-diseno-cantera-pifo/planificacion-minera-diseno-cantera-pifo2.shtml>
3. Gerscovich (2013) Estabilidad de taludes. LEMOINE EDITORES SAS.
4. Galdámez, Vásquez, & Fiebig (2010) Introducción al diseño computacional.
5. Taylor y Greenwood (1981) .Reporte de producción minera.
6. OSM et al (1989) clasificación de los botaderos. Memoria Botadero Final 100 Mv Ofs Rev5. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/372504060/Memoria-Botadero-Final-100-Mv-Ofs-Rev5>
7. Mendoza (2014) Estabilidad de taludes. GEOTECNIA .disponible en:<https://ieonline.microsoft.com/#ieslice>
8. Mintec Inc. (1970) Mintec, Inc - Mining Foundation of the Southwest.
9. SRK, (2010) Rellenos y Desechos Sólidos Mineros - SRK Consultoria Minera. Disponible en: <https://www.srk.com/es/nuestros-servicios/relaves-pilas-de-lixiviacion-y-botaderos/ww-rellenos-y-desechos-solidos>
10. Yucra (2016) La creciente preocupación de los botaderos. Recuperado en: <http://inte.pucp.edu.pe/noticias/opinion-la-creciente-preocupacion-los-botaderos-residuos-solidos/>
11. Besio, G. "Uso del método de curvas homotéticas en la representación de ensayos monotónicos y cíclicos en suelos gruesos". Tesis de Ingeniero Civil. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2012.

12. De La Hoz, K. "Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos". Tesis de Ingeniero Civil y Magister. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2007.
13. Dorador & Besio. "Some considerations about geotechnical characterization on soil with oversize". Fifth International Young Geotechnical Engineering Conference, París, 2013.
14. Dorador, L. "Análisis experimental de las metodologías de curvas homotéticas y corte en la evaluación de propiedades geotécnicas de suelos gruesos. Tesis de Ingeniero Civil y Magister. Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2010.
15. MEM, Ministerio de Energía y Minas. "Guía ambiental para la estabilidad de taludes de depósitos de desechos sólidos de mina". Lima, Perú, 1997.
16. Riquelme & Dorador. "Metodología para determinar densidades máxima y mínima en suelos granulares gruesos a partir de ensayos de laboratorio de escala reducida". VIII Congreso Chileno de Ingeniería Geotécnica, Santiago de Chile, 2014.
17. Saragoni, R. (1993). "Análisis de riesgo sísmico para la reconstrucción del Puerto de Valparaíso". 6tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Vol 2, 165-178.
18. SVS INGENIEROS, "Estudios de ingeniería básica y de detalle del Botadero 100", Lima, Febrero del 2010.
19. SVS INGENIEROS. "Caracterización geotécnica y evaluación de estabilidad de taludes del Botadero 100", Lima, 2013.
20. SVS INGENIEROS. "Supervisión de Obra del Depósito de Desmontes Botadero 100", Ica, Octubre del 2015.
21. SRK Consulting (Peru) S.A. (2016). "Anexo 3: Peligro Sísmico del Estudio de Ingeniería de Detalle para el Depósito de Desmontes Pahuaypita en UM Cerro Lindo." Chíncha, Ica.
22. SRK Consulting (Peru) S.A. (2016). Evaluación de Estabilidad Física y Actualización de Manual de Operación del Depósito de Desmontes N°100